

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as First Class Mail in an envelope addressed to the Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 on the date indicated below.

By: Markus Nolleff Date: October 31, 2003

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applic. No. : 10/673,961  
Applicant : Martin Dust  
Filed : September 29, 2003

Docket No. : MOH-P010032  
Customer No. : 24131

CLAIM FOR PRIORITY

Commissioner for Patents,  
P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Claim is hereby made for a right of priority under Title 35, U.S. Code, Section 119, based upon the German Patent Application 101 15 328.7, filed March 28, 2001.

A certified copy of the above-mentioned foreign patent application is being submitted herewith.

Respectfully submitted,

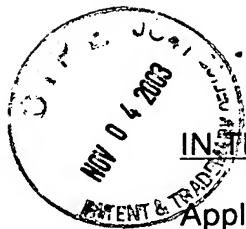
Markus Nolleff  
For Applicant

MARKUS NOLFF  
REG. NO. 37,003

Date: October 31, 2003

Lerner and Greenberg, P.A.  
Post Office Box 2480  
Hollywood, FL 33022-2480  
Tel: (954) 925-1100  
Fax: (954) 925-1101

/av



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applic. No. : 10/673,961  
Applicant : Martin Dust  
Filed : September 29, 2003

Docket No. : MOH-P010032  
Customer No. : 24131

**ASSOCIATE POWER OF ATTORNEY**

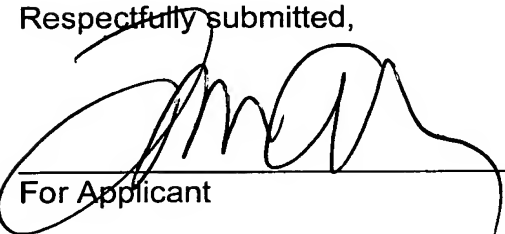
Commissioner for Patents,  
P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Please recognize MARKUS NOLFF (Reg. No. 37,006) as my associate in the matter in the above-identified application, with full powers. Please continue addressing all communications to the following address:

Lerner and Greenberg, P.A.  
P.O. Box 2480  
Hollywood, Florida 33022-2480

Respectfully submitted,

  
For Applicant

LAURENCE A. GREENBERG  
REG. NO. 29,608

Date: October 31, 2003

Lerner and Greenberg, P.A.  
Post Office Box 2480  
Hollywood, FL 33022-2480  
Tel: (954) 925-1100  
Fax: (954) 925-1101

/av



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 101 15 328.7

**Anmeldetag:** 28. März 2001

**Anmelder/Inhaber:** Framatome ANP GmbH, Erlangen/DE

(vormals: Siemens Nuclear Power GmbH,  
Erlangen/DE)

**Bezeichnung:** Verfahren zur Ultraschallmessung von Teilschicht-  
dicken dünnwandiger Rohre

**IPC:** G 01 B 17/02

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 13. Oktober 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, likely belonging to the President of the German Patent and Trademark Office.

P010032DE

27. März 2001

## Ansprüche

1. Verfahren zur Ultraschallmessung von Schichtdicken in dünnwandigen Rohren,  
gekennzeichnet durch  
die Verwendung eines Hochfrequenz-Prüfkopfes (3) mit einer Ankoppelfläche (4), die einen planebenen Flächenbereich aufweist, wobei dieser Flächenbereich an die mit einem Koppelmedium (8) benetzte Rohroberfläche (12) in Kontakttechnik angekoppelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1,  
gekennzeichnet durch  
eine Ankoppelfläche (4) mit insgesamt planebener Ausgestaltung.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die vom Prüfkopf (3) empfangenen Echosignale in digitaler Form aufgezeichnet und zur Verbesserung des Signal/Stör-Verhältnisses digital weiter verarbeitet werden.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-3  
gekennzeichnet durch  
die Verwendung für Rohre, deren Wanddicke  $\leq 1\text{mm}$  ist.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-4  
dadurch gekennzeichnet,  
dass es für die Dickenmessung einer inneren oder äußeren Linerschicht (2) eines Kernbrennstoff-Hüllrohres (1)

1 verwendet wird, wobei die Dicke der Linerschicht ca.  
2 0,15 mm ist.  
3  
4  
5

## Beschreibung

**Verfahren zur Ultraschallmessung von Teilschichtdicken  
dünnwandiger Rohre**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ultraschallmessung von Teilschichtdicken an dünnwandigen Rohren. Rohre dieser Art sind beispielsweise Hüllrohre von Kernbrennstoffen, die eine Wanddicke von 1mm und weniger aufweisen. Außen- oder innenseitig sind solche Rohre vielfach mit einer Duplex- oder Linerschicht versehen. Die Dicke von Linerschichten beträgt oft nur 0,15mm und weniger.

In US 4,918,989 ist ein Verfahren zu Bestimmung der Linerschichtdicke eines Kernbrennstoffhüllrohres beschrieben, bei dem die Schallankopplung über eine Wasservorlaufstrecke in Tauchtechnik erfolgt. Mit diesem Verfahren lassen sich jedoch nur Linerschichtdicken mit ausreichender Genauigkeit bestimmen, die eine Dicke von mehr als 0,4mm aufweisen.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Ultraschallverfahren vorzuschlagen, mit dem Teilschichtdicken dünnwandiger Rohre mit hoher Messgenauigkeit bestimmbar sind.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruches 1 gelöst. Danach wird ein Hochfrequenz-Prüfkopf (HF-Prüfkopf) mit einer Ankoppelfläche verwendet, die einen planaren Flächenbereich aufweist, wobei dieser Flächenbereich an die mit einem Koppelmedium benetzte Rohroberfläche in Kontakttechnik angekoppelt wird. Die Verwendung von hochfrequentem Ultraschall für messtechnische Zwecke ist zwar grundsätzlich bekannt, sie wurde aber noch nicht für die Bestimmung von Schichtdicken dünnwandiger Rohre eingesetzt. Die Ankopplung erfolgte bisher in Tauch- oder Pfützentechnik. Bei die-

ser Ankopplungsart ist der Einsatz von hochfrequentem Ultraschall, also Ultraschall von mehr als 40 MHz nicht möglich, da Wasser solche Schallfrequenzen nur schlecht übertragen kann. Aus „Ultraschallprüfung“ Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 1997, S.239-241 sind Prüfköpfe für die Ultraschallprüfung von Rohren bekannt, bei denen die Ankoppelfläche eine der Rohroberfläche entsprechende Krümmung aufweist. Würde man solche Prüfköpfe für die in Rede stehende Messaufgabe verwenden, wäre eine äußerst exakte und aufwendige Anpassung der mit einander zu kontaktierenden Krümmungsflächen erforderlich, um die Entstehung von Spalträumen und damit von störenden Echosignalen zu verhindern. Bei Verwendung eines Prüfkopfes mit einem planebenen Ankoppelflächenbereich oder mit einer insgesamt planebenen Koppelfläche wird dieser Effekt dagegen verhindert. Die Schalleinstrahlung erfolgt nur über einen schmalen etwa rechteckförmigen, durch den direkten Materialkontakt zwischen Prüfkopf und Rohroberfläche gebildeten Flächenbereich. Außerhalb dieses Bereiches abgestrahlte Schallwellen werden durch Reflexion an der gekrümmten Rohroberfläche aus dem Strahlengang entfernt und durch Brechung an der Rohroberfläche radial nach außen abgelenkt und erzeugen keine vom Prüfkopf detektierbare Echosignale. Ein weiterer Vorteil des vorgeschlagenen Verfahrens besteht darin, dass ein und der selbe Prüfkopf für die Messung von Rohren unterschiedlichen Durchmessers verwendbar ist. Dagegen wären Prüfköpfen mit gekrümmter Ankoppelfläche allenfalls nur für einen bestimmten Rohrdurchmesser geeignet. Problematisch dabei ist noch, dass bei Rohren an verschiedenen Messstellen unterschiedliche Rohroberflächen vorhanden sein können. Bei dem vorgeschlagenen Verfahren dagegen ist die Qualität der Rohroberfläche von untergeordneter Bedeutung, da die Ankoppelfläche ein schmales Rechteck ist.

Aufgrund des nur sehr eng begrenzten Ankoppelbereiches steht nur ein Teil des vom Schwinger des Prüfkopfes erzeugten Sen-

deimpulses für die Messung zur Verfügung. Dementsprechend weisen die empfangenen Echosignale eine verringerte Intensität auf.

Ein sich z.B. daraus ergebendes ungünstiges Signal/Stör-Verhältnis lässt sich durch die Anwendung digitaler Aufzeichnungs- und Verarbeitungsverfahren, z.B. durch Überlagerung von Echoimpulsfolgen, verbessern.

Die Erfindung wird nun anhand eines in den beigefügten Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispieles näher erläutert. Es zeigen:

Fig.1 eine Vorrichtung für ein Verfahren zur Messung der Schichtdicke eines dünnwandigen Kernbrennstoffhüllrohres,

Fig.2 ein Detail aus Fig.1, das das Hüllrohr und einen Prüfkopf vergrößert darstellt.

Fig.1 zeigt eine Vorrichtung für ein Verfahren zur Ultraschallmessung eines Kernbrennstoffhüllrohres 1. Das Hüllrohr 1 weist einen Durchmesser von 10 mm und eine Wanddicke von 0,6 mm auf. Das Hüllrohr ist z.B. außenseitig mit einer Linerschicht 2 versehen. Das Hüllrohr 1 und die Linerschicht 2 mit einer maximalen Dicke von 0,15 mm bestehen aus Zirkoniumlegierungen, die sich in ihrer Zusammensetzung und damit in ihrer Schallimpedanz voneinander unterscheiden. An der Rohroberfläche ist ein Ultraschallprüfkopf 3 mit einer planebenen Ankoppelfläche 4 angeordnet. Die vom Ultraschallprüfkopf 3 empfangenen Echosignale werden von einem Ultraschallprüfgerät 5 aufgenommen und von einem digitalen Oszilloskop 6 in Form beispielsweise eines HF-Bildes aufgezeichnet. Zur Weiterverarbeitung der Daten des HF-Bildes ist an das Oszilloskop 6 eine DV-Anlage, beispielsweise ein PC 7 angeschlossen.



1 Die Ankopplung des Prüfkopfes 3 an die Rohroberfläche er-  
2 folgt in Kontakttechnik, wobei die Rohroberfläche mit einem  
3 üblichen Koppelmedium, beispielsweise Wasser, Öl oder Glyce-  
4 rin benetzt ist.  
5

6  
7 Wie insbesondere Fig.2 zu entnehmen ist, beschränkt sich das  
8 auswertbare Schallbündel 10 auf einen schmalen, durch die  
9 Kontaktfläche 11 zwischen der Rohroberfläche 12 und der An-  
10 koppelfläche 4 vorgegebenen Bereich.

11  
12 Die sich an die Kontaktfläche 11 beidseitig nach außen an-  
13 schließenden Spalträume 14 sind zumindest zu einem gewissen  
14 Teil ebenfalls mit Koppelmedium 8 gefüllt, was sich aus prak-  
15 tischen Gründen kaum vermeiden lässt. Durch diese Spalträume  
16 entstehen grundsätzlich störende Echosignale, die die  
17 Schichtdickenmessung beeinträchtigen können. Durch die ge-  
18 wählte Geometrie einer ebenen Ankoppelfläche 4 werden diese  
19 Störungen stark gedämpft. Ein außerhalb der Kontaktfläche 11  
20 eingestrahlter Ultraschall-Strahl 15 wird aufgrund der Rohr-  
21 krümmung 12 nicht wieder zu seinem Ausgangspunkt zurück re-  
22 flektiert. Das in planparallelen Spalten bekannte, lang an-  
23 haltende „klingeln“ entsteht nicht. Dieser Effekt kann mit  
24 einer der Rohrkrümmung angepassten Kontaktfläche erreicht  
25 werden.

26  
27 Eine von der Ankoppelfläche 4 außerhalb der Kontaktfläche 11  
28 abgestrahlte und durch die verhältnismäßig lange Koppelmedi-  
29 umstrecke in den Spalträumen 14 verbreiterte und daher für  
30 die Messaufgabe nicht geeignete Schallwelle 13 wird aufgrund  
31 der durch die planebene Ankoppelfläche 4 und die gekrümmte  
32 Rohroberfläche 12 vorgegebenen Geometrie radial nach außen  
33 abgelenkt, erzeugt also kein das Messergebnis störendes Echo-  
34 signal. Im Bereich der Kontaktfläche 11 wirkt sich das Kop-  
35 pelmedium auf die Schallankoppelung nicht störend aus, da

1 hier praktisch nur ein direkter Materialkontakt vorliegt und  
2 das Koppelmedium im wesentlichen nur die durch die Rauigkeit  
3 der miteinander in Kontakt stehende Oberflächen gegebenen  
4 mikroskopischen Hohlräume füllt. Diese Hohlräume stören aber  
5 die Schallankopplung nicht, da sie Abmessungen aufweisen, die  
6 weit unterhalb einer Wellenlänge des HF-Ultraschalls liegen.

7  
8 Das Verfahren kann selbstverständlich auch angewendet werden  
9 zur Messung von Wanddicken (Gesamtdicken der Rohrwand). Wei-  
10 terhin sind selbstverständlich auch die Schichtdicken von  
11 mehrfach geschichteten Rohren mit dem Verfahren messbar.

12  
13 Aufgrund des eng begrenzten auswertbaren Schallbündels 10  
14 sind die empfangenen Echos entsprechend schwach. Durch Anwen-  
15 dung digitaler Signalverarbeitungstechniken kann jedoch bei-  
16 spielsweise das elektronische Rauschen durch homologe Überla-  
17 gerung mehrerer Ultraschallschüsse herausgefiltert werden.  
18 Darüber hinaus lassen sich auch beispielsweise durch unvoll-  
19 ständige Dämpfung des Prüfkopfes oder durch Transversalwellen  
20 hervorgerufene Störsignale mit Hilfe der genannten Technik  
21 unterdrücken oder zumindest verringern, wodurch das Sig-  
22 nal/Stör-Verhältnis verbessert werden kann.

## Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ultraschallmessung von Schichtdicken in dünnwandigen Rohren. Das Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass ein Hochfrequenz-Prüfkopf mit einer Ankoppelfläche 4 verwendet wird, die einen planebenen Flächenbereich aufweist. Dieser Flächenbereich ist an die mit einem Koppelmedium 8 benetzte Rohroberfläche 13 in Kontakttechnik angekoppelt.

## Bezugszeichenliste

- 1 Hüllrohr
- 2 Linerschicht
- 3 Ultraschallprüfkopf
- 4 Ankoppelfläche
- 5 Ultraschallprüfgerät
- 6 Oszilloskop
- 7 PC
- 8 Koppelmedium
- 9 Kontaktfläche
- 10 Schallbündel
- 11 Kontaktfläche
- 12 Rohroberfläche
- 13 Schallwelle
- 14 Spaltraum
- 15 Ultraschall-Strahl

Fig. 1

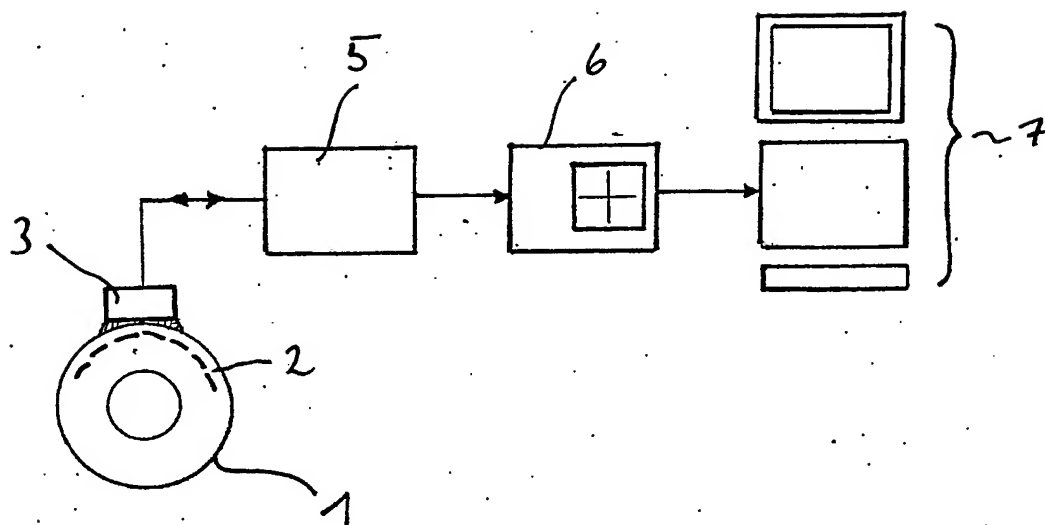


Fig. 2

